DCアンプシリーズNo.231

VACUUM TUBE

グリッド接地アンプ入力，無帰還パワーIVC
SiC SBD整流，SiC MOS-FETレギュレーター搭載

UV-211A A$_2$級シングルパワーIVC［前編］

金田明彦　KANETA　Akihiko

電流入力パワーIVCは，オーディオDCアンプではすでに定番となっているが，DCアンプ流真空管パワーアンプでは実現されていなかった．今回，初段をグリッド接地回路で低入力インピーダンスとし，続くカソードフォロワーと出力管グリッドまで，コンデンサーを使用しないDCアンプとなった．シングル動作でも充分な出力を取り出すことのできるUV-211Aを使用し，グリッドをプラス領域までドライブするA$_2$級動作で20Wを得た．電源にはSiC素子による整流回路とレギュレーターを備えている．

はじめに

今回はDCアンプシリーズとしては珍しい，真空管シングルパワーIVC（電流・電圧コンバーター）を発表する．それも大型送信管の直熱３極管UV-211AのA$_2$級シングルパワーIVCである．シングルパワーIVCだからOPT（出力トランス）が必要で，直流まで増幅するDCアンプにはならない．DCアンプの研究者が，なぜこのようなアンプを発表するのか，不思議に思えるかもしれないが，それには３つの理由がある．

半導体プリアンプからスタートした電流伝送方式は，パワーIVC，チャンネルフィルターと進み，D/Aコンバーターで完結している．真空管プリアンプや真空管DCパワーIVCも電流入力型のパワーIVCに進化し，真空管D/Aコンバーターも完成している．これで全システムが電流伝送化したと考えていた．しかし取り残されたアンプがあった．それは真空管シングルパワーアンプである．

従来の電圧伝送方式に比較して，圧倒的な音楽情報を伝達する電流伝送方式を一人でも多くの人に体験してもらうには，取り残しがあってはならない．

83ページのSTCMU001Fスーパーハイブリッドパワー IVCの結語で書いたのだが，真空管と半導体のそれぞれのよさを活かすスーパーハイブリッドパワー IVCの進化が進んだので，今度は異なる方向からも同じ目標「時空を超える音楽再現」を目指して進んでみようと考えた．もちろんDCアンプの研究と同時並行である．

DCパワー IVCはすべてプッシュプルアンプで，シングルアンプはない．しかしシングルアンプのよさはDCプリアンプで実証済みだ．これをパワーIVCに活かすには，真空管シングルアンプが最も適切だ．また真空管独自の音楽表現力を活かすには，ハイブリッドアンプではなく，純真空管アンプがよいだろう．超シンプルな回路で無帰還アンプにすると，真空管のメリットが最も発揮されるだろう．

一般の真空管アンプの回路は，過去40～50年前の回路から進化が止まっているものが多い．これらの回路は，その当時はよかっただろうが，回路技術が進歩した現代から見れば，いかにも古めかしい．一例を挙げると，大切な音楽情報が通過する信号経路に多数のコンデンサーが使われていることだ．カップリングコンデンサーにはフィルムコンデンサーが，カソードのバイパスコンデンサーには，特性的にも音質的にも電源にしか使えないような大容量電解コンデンサーが使われている．

全段直結アンプでも，バイパスコンデンサーやデカップリングコ

ンデンサーが残っている．OTLパワーアンプでは，出力に大容量の電解コンデンサーが入っているものもある．音楽情報を重視しないのか，コンデンサーの音質に無関心でなければ，このような回路にはならないはずだ．

多数のコンデンサーの音は真空管本来の音をマスクするので，真空管のメリットが十分に活かされない．真空管アンプの世界では，真空管全盛期の音と回路を保存するという目的があるのだろうが，音楽再現が本来の目的であるアンプとはまったく別のところ（たとえば製作過程を楽しむとか）に目的があるのかもしれない．

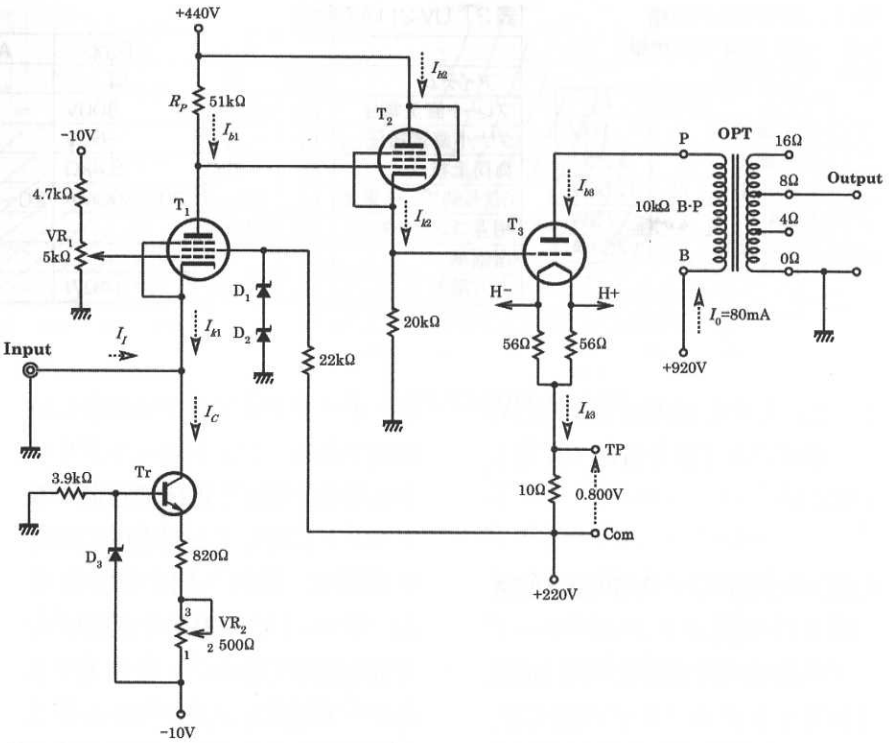
そこで本来の音楽再現を目指し，21世紀の真空管パワーアンプに相応しい回路を開発しようと考えた．この回路はDCアンプのポリシーで設計するので，超シンプルで美しい回路になるだろう．

さて，今回のUV-211Aパワー IVCだが，悪戦苦闘の末，やっと光が見えてきてからは次々に問題が解決し，超シンプルで合理的な回路が開発できた．

その音は実に大らかで開放的，表情たっぷりに歌う．OPT付きのシングルアンプとは思えない，力強くリズミカルな低音楽器を再現する．超精密な倍音再現とシャープな音の立ち上がりは，明らかにDCアンプの効果である．しかも半導体アンプとは異なる艶やかさと優しさもある．古い時代の真空管にこれだけの可能性があるとは，驚くばかりだ．

本機の設計方針

本機は真空管のメリットを最大限に活かすために，最もシンプルな真空管を出力管に使う．最もシンプルな真空管とは，電極の数が最も少なく，動作原理が明快な直熱3極管である．この中でもグリッド電圧の正領域までドライブできる送信管UV-211Aを使う．グリッド電流を流して動作するところが半導体パワーアンプの感覚に近く，親しみやすいからだ．



［図1］A2級シングルパワーIVCの基本回路

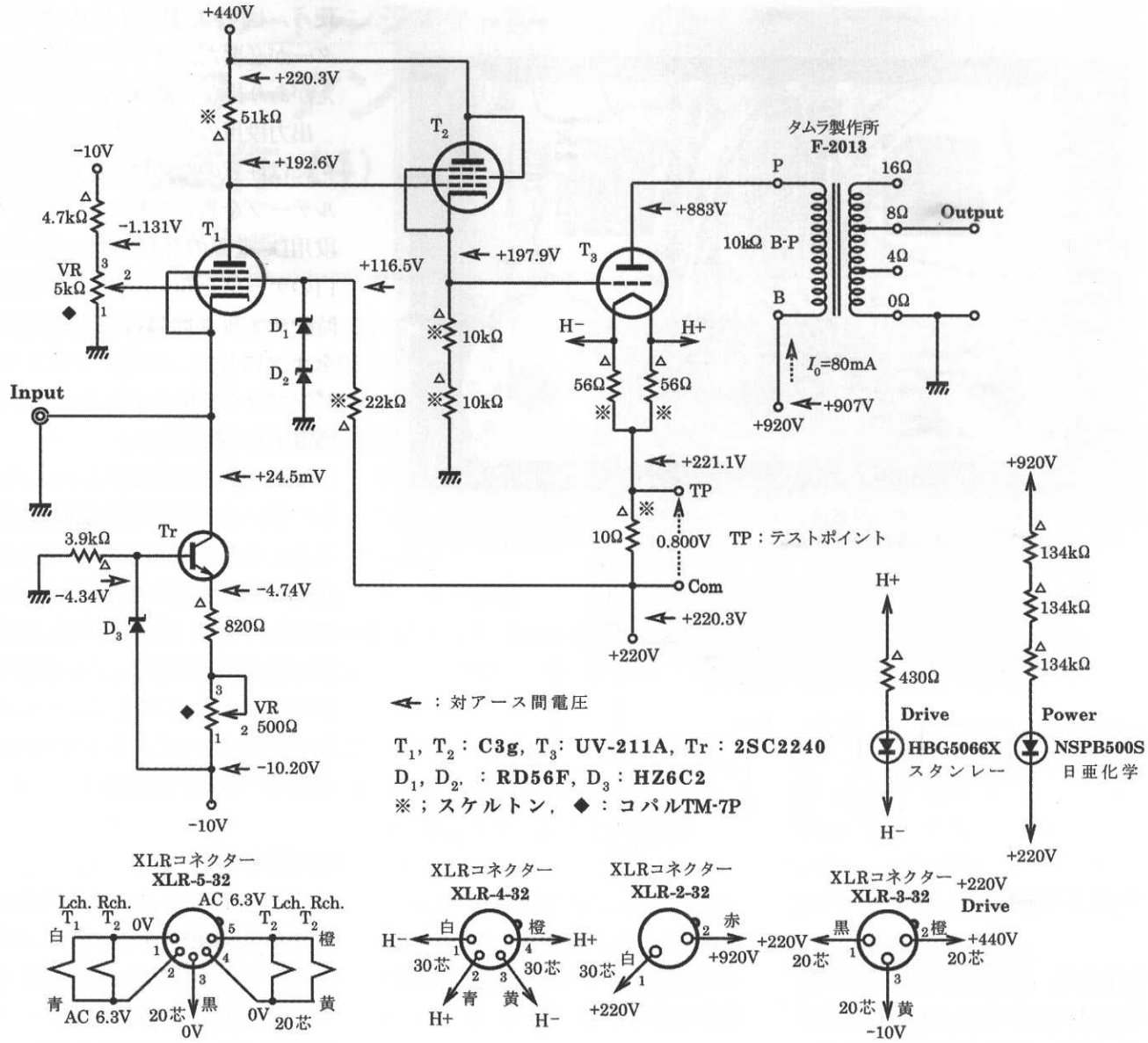
本機はNFBを使わない無帰還アンプにする．真空管の音質的なメリットを探るには，NFBは妨げになるかもしれない．

無帰還アンプでは電源変動や電源ノイズの影響を受けやすいので，ドライブ段の電源にはレギュレーターを入れる．高耐圧のSiC MOS-FETのおかげで，高電圧のレギュレーターが気軽に作れるようになったからだ．整流ダイオードには，SiC SBD（シリコンカーバイド ショットキーバリアダイオード）を全面的に使い，整流管は使わない．整流管はレギュレーションが悪く，電源の特性に合わせてアンプを設計するという本末転倒現象が起こる．SiCデバイスは真空管アンプにとっても救世主になるだろう．

シングルアンプからハイパワーを得るには，グリッド電圧の正領域まで使うA2級が適切だ．A2級ではパワー管のグリッド電流が流れるので，カソードフォロワードライブが最適だ．

初段は，本質的に入力インピーダンスが低いグリッド接地アンプに限る．グリッド接地アンプ入力はオーディオアンプとしては珍しいが，電流入力型のパワーIVCには必然的な回路になる．

本機はパワーIVCと電源部のシャシーを2段重ねで使う電源分離型にする．電源分離型は製作も調整も簡単になり，設置面積が小さく運搬も楽だ．なによりもありがたいのは，配線時にDC電源プラグを抜けば感電する危険性がなくなることだ．本電源スイッチには，オフ時に高圧電源のフィルターコンデンサーに放電抵抗を接続し，強制的に電荷を放電させる．私は本機のために，薄手のゴム手袋を用意したが，使う必要はな



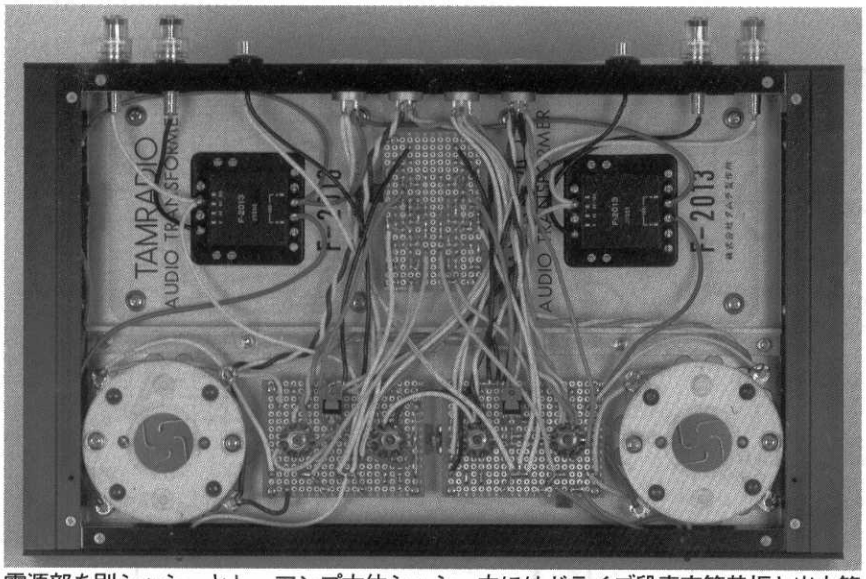
[図6]本機UV-211A A2級シングルパワーIVC

ロードラインを引く．このロードラインと各特性との交点のI_bを読み取り，E_{c1}対I_b動特性をプロットしたのが**図5**のC3gのE_{c1}対I_b特性である．

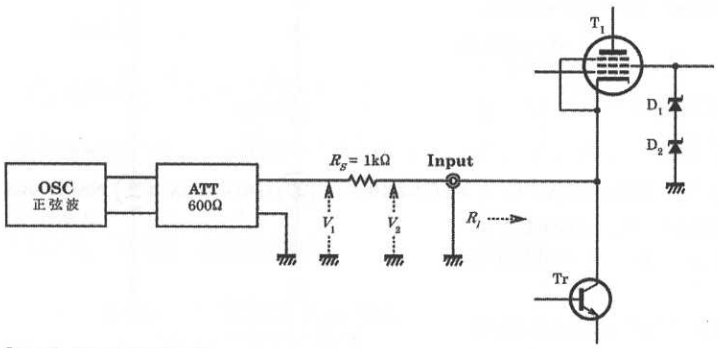
動特性は真空管を実際に動作させたときの特性で，静特性とE_{bb}とR_Lによって決まる．動特性は2本あるが，5極管接続と3極管接続の特性だ．これらの特性は入力電圧であるE_{c1}の変化に対する出力電流であるI_bの関係を表す特性だが，実際にはスクリーングリッド電流I_{c2}がI_bの20%程度なので，入力電流であるカソード電流I_kはI_bに近似的に等しいと見てよい．E_{c1}対I_bの比E_{c1}/I_bはまさにR_Iに等しく，いいかえるとE_{c1}対I_b特性の傾きはR_Iの逆数，すなわち相互コンダクタンスg_mに等しいのである．したがって，g_mの大きい真空管ほどグリッド接地動作のR_Iが低くなる．

図5には，以上の方法で計算したg_mとR_Iを記入しているが，C3gのグリッド接地アンプのg_mは7.60mS，R_Iは132Ωである．目標の100Ωにあと一歩だが，電流伝送としてうまく動作するだろう．真空管の特性表では，E_bが一定の条件で特定のI_bにおけるg_mが表示されている．5極管の場合は，近似的にg_mの逆数がR_Iに等しいと考えてよい．パワーIVCを設計するときはg_mの条件で初段管を選ぶとよい．

さて，**図1**の基本回路ではT_1を3極管接続にしても同じような動作をする．その場合のR_Iを確認しておこう．**図3**のC3gの3極管接続のE_b対I_b特性にE_{bb}=440V，R_L=51kΩのロードラインを引き，5極管接続時と同様な方法でE_{c1}対E_b動特性をプロットしたのが**図5**中の3極管接続の特



電源部を別シャシーとし，アンプ本体シャシー内にはドライブ段真空管基板と出力管ソケット，出力トランス，保護回路基板を収めた．基板の部品側が見えないのが残念



[図7] R_Iの測定方法

性である．3極管接続ではI_bの変化には，大きなE_{c1}の変化が必要で，特性の傾きが緩やかになる．g_mは0.71mSに下がり，R_Iは1.42kΩに増加した．R_IがR_Sより大きいので，電流伝送の条件は満たされない．

グリッド接地アンプは，5極管を使ってこそ低入力インピーダンスを実現できる．3極管にもg_mの大きな真空管もあるが，それはE_bが一定の条件で表示されたもので，実際の動特性では，E_bが変化するのでg_mが低下してしまう．どうしてもグリッド接地アンプに3極管を使いたいときは，カスコードアンプにして，E_bを一定に保つと良い．もっとも5極管の構造が，スクリーングリッド電圧を一定電圧に固定して，I_kをそっくりI_bに流すカスコードアンプの動作とよく似ている．

UV-211A
A2級シングルパワーIVC

図6は，本機UV-211A A_2級シングルパワーIVCである．基本回路と同一定数だが，スケルトン抵抗の消費電力が2Wをオーバーする部分は2個シリーズ接続にしてある．真空管パワーアンプの音を決定的に支配するOPTにはタムラ製作所のF-2013を使う．シングル用トランスとしては大型のトランスで，40Wのパワーまで扱える．音はきわめて自然で，トランスを使っていることを忘れるほど豊富な音楽情報が通過する．

パワーIVCと電源の接続にはXLRコネクターとXLRプラグを使う．図のように4個のコネクターが必要だ．プラグの差し間違えがあり得ない組み合わせとした．

出力段用の高電圧の2ピンプラグには注意のために，赤のビニールテープを巻いておく．ドライブ段用DC電源の3ピンプラグにも白のテープを巻く．アンプの配線時やチェック時には必ず電源SWをオフにして，2ピンプラグと3ピンプラグを抜いておく．これで感電する心配はない．

なお，本機の回路はカーボンプレートタイプの211にも同様に使える．その場合はプレート電圧を高くして，最大出力電力を増やすこともできる．高電圧回路に自信がある人は，1000Vくらいかけて，40W近い出力を出してみるのもおもしろいだろう．ドライブ回路はまったく同じでよい．

R_Iの測定方法

パワーIVCにとって大事なR_Iは簡単に測定できる．**図7**の測定回路で発振器から正弦波信号をパワーIVCに入力し，シリーズ抵抗1kΩの入力側の信号電圧V_2とアンプ側の信号電圧V_2を測り，次の式でR_Iを計算する．

V_1に較べてV_2が小さいほどR_Iが低いことになる．

本機の場合，負荷抵抗8Ω，信号周波数1kHz，出力電圧10V_{rms}，出力電力12.5Wの条件で測定したところ，V_1＝2.300$V_{p\text{-}p}$，V_2＝310.0m$V_{p\text{-}p}$，R_I＝115Ωであった．理論値の132Ωに非常に近い値で，しかもより低い値である．100Ωという基準値はあくまでも目安で，決定的な値ではない．また本機の音は電流伝送の特徴を遺憾なく発揮しているので，パワーIVCとして成功しているといえる．

（以下次号）